

## Artificial replacement joint for human

**Patent number:** DE4428290

**Publication date:** 1996-02-15

**Inventor:** KUBEIN-MEESBURG DIETMAR PROF (DE);  
NAEGERL HANS (DE); ADAM PETER PROF DR (DE)

**Applicant:** KUBEIN MEESBURG DIETMAR (DE); THEUSNER  
JOACHIM DR (DE); NAEGERL HANS (DE); ADAM  
PETER PROF DR ING HABIL (DE)

**Classification:**

**- international:** **A61F2/32**; A61F2/00; A61F2/30; A61F2/34; A61F2/36;  
A61F2/46; **A61F2/32**; A61F2/00; A61F2/30; A61F2/36;  
A61F2/46; (IPC1-7): A61F2/30; A61F2/32

**- european:** A61F2/32

**Application number:** DE19944428290 19940810

**Priority number(s):** DE19944428290 19940810; DE19944428267 19940810

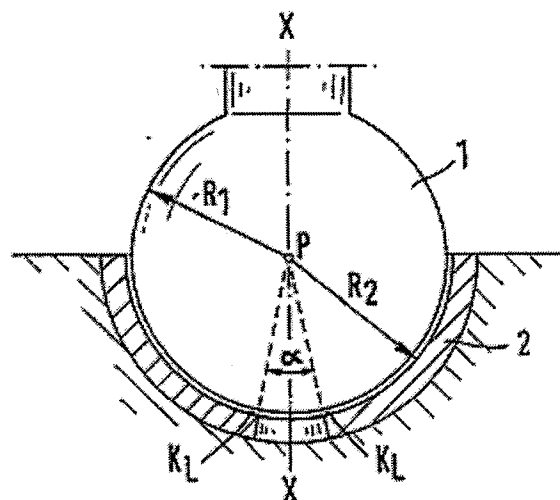
**Also published as:**

WO9604867 (A1)  
EP0774936 (A1)  
EP0774936 (A0)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE4428290

The joint parts (1,2,4), consisting of a ball (1) and socket, are spherical and/or toroidal and/or rotationally symmetrical. When inserted into place the joint parts enable the body fluid to reach the centre of the joint. The joint socket (2) has a hole (3), the centre of which is situated on the main force application line of the artificial joint in the base position. The hole is closed by a helical closure piece (12). A pressure-distribution body (4) is positioned so as to slide between the ball and socket.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 44 28 290.7  
㉑ Anmeldetag: 10. 8. 94  
㉒ Offenlegungstag: 15. 2. 96

DE 44 28 290 A 1

㉑ Anmelder:

Kubein-Meesenburg, Dietmar, Prof. Dr., 37547  
Kreensen, DE; Theusner, Joachim, Dr., 80539  
München, DE; Nägerl, Hans, Dr., 37130 Gleichen, DE;  
Adam, Peter, Prof. Dr.-Ing.habil., 85221 Dachau, DE

㉒ Vertreter:

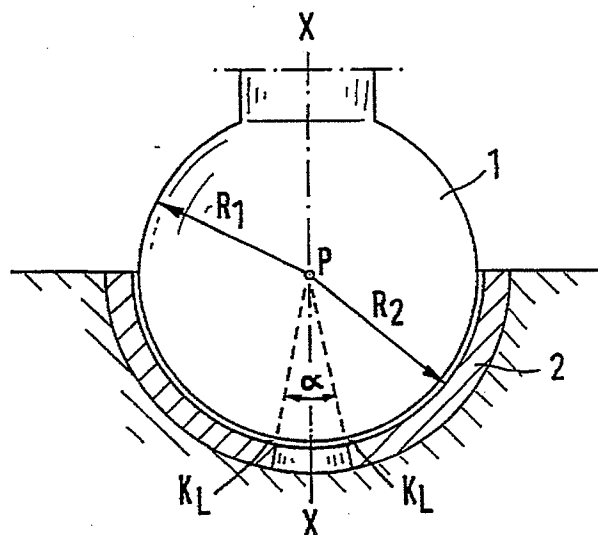
Patentanwälte Dr. Solf & Zapf, 42103 Wuppertal

㉓ Erfinder:

Kubein-Meesenburg, Dietmar, Prof. Dr., 37547  
Kreensen, DE; Nägerl, Hans, Priv.-Doz. Dr., 37130  
Gleichen, DE; Adam, Peter, Prof. Dr., 85221 Dachau,  
DE

㉔ Künstliches Gelenk, insbesondere künstliches menschliches Hüftgelenk mit Gelenkschmierung

- ㉕ Die vorliegende Erfindung betrifft ein künstliches Gelenk zum Ersatz insbesondere von menschlichen Gelenken. Es besteht aus mindestens zwei Gelenkteilen mit zueinander sich bewegenden Funktionsflächen, wobei die Gelenkteile 1, 2, 4 sphärisch und/oder toroidförmig und/oder rotations-symmetrisch und derart ausgestaltet sind, daß im eingesetzten Zustand, d. h. in deren Funktionsstellung, ein Zutritt von Körperflüssigkeit im Zentrum des Gelenks erreicht wird.



DE 44 28 290 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein künstliches Gelenk zum Ersatz insbesondere von menschlichen Gelenken, bestehend aus mindestens zwei Gelenkteilen mit zueinander sich bewegenden Funktionsflächen, und zwar einem Gelenkkopf und einer Gelenkpfanne, wobei das Gelenk mindestens drei Freiheitsgrade der Bewegung besitzt. Im Falle von drei Gelenkteilen, einem Gelenkkopf, einem Druckverteilungskörper und einer Gelenkpfanne, besitzt das Gelenk fünf Freiheitsgrade.

Bei den bekannten künstlichen Gelenken, insbesondere künstlichen menschlichen Gelenken, besteht das Problem der Reibung. Da die Gelenke nicht umlaufen, kann sich in der Regel ein hydrodynamischer Flüssigkeitsfilm nicht ausbilden, so daß eine Flüssigkeitschmierung nicht einsetzt und Trockenreibung gegeben ist. Die Körperflüssigkeit kann zudem nur die aus der Gelenkpfanne herausragenden Teile des Gelenkkopfes benetzen. Dies führt zu einem hohen Verschleiß und damit zu einer begrenzten Haltbarkeit der künstlichen Gelenkteile. Außerdem resultiert durch die Trockenreibung ein Abrieb der aneinander gleitenden Flächen. Die hierdurch erzeugten Fremdpartikel belasten den lebenden Organismus in besonderer Weise.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorstehenden Nachteile künstlicher Gelenkteile zu vermeiden, insbesondere die Haltbarkeit von künstlichen menschlichen Gelenken zu erhöhen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die Gelenkteile derart ausgebildet sind, daß ein Zutritt von Körperflüssigkeit im Zentrum des Gelenks erreicht wird. Erfindungsgemäß wird ein solcher Zutritt von Körperflüssigkeit erhalten, dadurch, daß im Zentrum der Gelenkpfanne ein Loch ausgebildet ist. Hierdurch kann körpereigene Gelenkflüssigkeit vom Zentrum her in die Gelenkspalte zwischen den Gelenkteilen eindringen. Vorteilhafterweise ist dieses Loch kreisförmig ausgebildet. Bei der Ausbildung eines Gelenkes mit fünf Freiheitsgraden, wie es z. B. aus der deutschen Patentanmeldung P 39 08 958.4 bekannt ist, bei dem zwischen Gelenkkopf und der Gelenkpfanne ein Druckverteilungskörper angeordnet ist, wird durch die Ausbildung eines Loches in der Gelenkpfanne und im Druckverteilungskörper die zusätzliche Schmierungsmöglichkeit der Gelenkflächen eröffnet. Es wird ein Gleitfilm erzeugt, der den Abrieb zwischen den Gelenkteilen deutlich verringert. Die Ausbildung eines Loches in der Gelenkpfanne bietet weiterhin den Vorteil, daß nach einer Einheilungsphase in dem Lochbereich körpereigene, bindegewebige und/oder knorpelige Strukturen entstehen, die nicht nur das Reibungsproblem vermindern, sondern auch die Stabilität der Gelenkpfanne im Becken vergrößern.

Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorteilhaft sein, wenn die Funktionsflächen der Gelenkteile sphärisch und/oder toroidförmig und/oder rotationssymmetrisch gestaltet sind und zwischen den kontaktierenden Funktionsflächen im eingesetzten Zustand, d. h. in der Funktionsstellung, ein linienförmiger Kraftübertragungsbereich ausgebildet ist. Rotationssymmetrisch bedeutet, daß um eine Rotationsachse rotierte Konturen vorhanden sind. Hierdurch wird erfindungsgemäß bei gleicher Kraftübertragung der Druck am Ort der Kraftübertragung punktuell deutlich verringert, woraus eine erheblich reduzierte Materialbelastung und ein verringerter Materialabrieb folgen.

Somit wird erfindungsgemäß die Lebensdauer der

künstlichen Gelenkteile beträchtlich erhöht. Der linienförmige Kraftübertragungsbereich kann erfindungsgemäß kreisförmig, ellipsoid, trapezförmig oder aber auch hufeisenförmig ausgebildet sein. Die Ausbildung des linienförmigen Kraftübertragungsbereichs wird im wesentlichen durch die vorherrschenden, besonderen Funktionsrichtungen bestimmt. Erfindungsgemäß wird ein linienförmiger Kraftübertragungsbereich beispielsweise dadurch erhalten, daß eine sphärisch gestaltete Gelenkfläche mit einer toroidförmig gestalteten Gelenkfläche oder zwei toroidförmig gestalteten Gelenkflächen miteinander kontaktieren. Die Ausbildung eines linienförmigen Kraftübertragungsbereichs gemäß der Erfindung erbringt sowohl Vorteile bei künstlichen Gelenken mit drei als auch mit fünf Freiheitsgraden.

Bei der Ausbildung eines Gelenks mit fünf Freiheitsgraden, wie es z. B. aus der deutschen Patentanmeldung P 39 08 958.4 bekannt ist, bei dem zwischen dem Gelenkkopf und der Gelenkpfanne ein Druckverteilungskörper angeordnet ist, kann die Ausbildung des linienförmigen Kontaktes sowohl zwischen Gelenkpfanne und Druckverteilungskörper als auch zwischen Druckverteilungskörper und Gelenkkopf vorgesehen sein.

Damit die erfindungsgemäße Reduzierung des Kontaktdruckes besonders effektiv ist, kommt es auf die relative Dimensionierung der Krümmungsradien der Gelenkflächen an der Kontaktstelle an. Diese Dimensionierung hängt von den verwendeten Materialien ab. Bei Metall-Metall-Kontakt kann es deshalb vorteilhaft sein, daß sich die Krümmungsradien nur geringfügig unterscheiden. Die Radiendifferenz kann beispielsweise kleiner als 2% bis einige Promille des größeren Radius sein.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 bis Fig. 14 unterschiedliche Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks im Querschnitt durch den Drehpunkt des jeweiligen Gelenks.

In Fig. 1 ist zu erkennen, daß ein erfindungsgemäßes künstliches Gelenk aus einem künstlichen Gelenkkopf 1 und einer künstlichen Gelenkpfanne 2 gebildet ist. Bei der Verwendung als künstliches Hüftgelenk für den Menschen ist die Gelenkpfanne 1 die Fossa und der Gelenkkopf 2 der Kondylus. In der dargestellten Ausführungsform bilden die Gelenkpfanne 1 und der Gelenkkopf 2 ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden, dessen Drehpunkt P ist. Der Radius  $R_1$  des Gelenkkopfes 1 und der der Gelenkpfanne 2 sind bis auf einen geringen Spalt quasi gleich groß. In der Gelenkpfanne 2 ist ein Loch 3 ausgebildet, und zwar derart, daß das Zentrum des Loches 3 in der Hauptkraftwirkungslinie des künstlichen Gelenks in der Gelenkgrundstellung liegt. Die Hauptkraftwirkungslinie ist mit X-X angegeben.

Durch das Loch 3 ist der Zutritt von Körperflüssigkeit von der Beckenseite her gegeben. Außerdem wird durch Auffüllen des Lochs mit Binde- bzw. Knorpelgewebe durch den Einheilungsprozeß nach Operation die Gelenkpfanne natürlich erweitert. Da diese natürliche Erweiterung der Gelenkpfanne kraftmäßig entlastet ist, weil die Gelenkkraft sich auf den künstlichen Teil der Gelenkpfanne 2 verteilt, wird auch vom zentralen Bereich des Gelenkes her Schmierung möglich, was die

Ausbildung eines Schmierfilms auf der gesamten Kondylusoberfläche unterstützt. Denn gleichzeitig wird mit der Vergrößerung der benetzten Fläche des Gelenkkopfes durch das Loch die zu benetzende Fläche der Gelenkpfanne deutlich vermindert und besonders die jeweilige Schmierstrecke eingeschränkt. Hierdurch kann die Abnutzung durch Abrieb im Gelenk deutlich verringert werden.

Die Größe des Loches kann  $1/6$  bis  $5/6$  der Gelenkpfannenfläche bis zu deren Äquator bilden, so daß der Öffnungswinkel  $\alpha$  entsprechend veränderbar ist. Die Größe des Öffnungswinkels  $\alpha$  hängt von der Materialpaarung der Materialien von dem Gelenkkopf 1 und der Gelenkpfanne 2 ab. Die Form des Loches 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel kreisförmig. Jedoch ist die vorliegende Erfindung hierauf nicht beschränkt, besonders kann auch eine ellipsoide, trapezförmige oder aber auch hufeisenförmige Lochform vorgesehen sein. Durch dieses Loch 3 wird auch ein linienförmiger Kraftübertragungsbereich  $K_L$  zwischen dem Gelenkkopf 1 und der Gelenkpfanne 2 im Randbereich des Loches geschaffen, und somit der Kraftübertragungsbereich vergrößert. Bei gleicher Kraftübertragung reduziert sich der Druck am Ort der Kraftübertragung, und es resultiert eine deutlich verringerte Materialbelastung hieraus.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Gelenk handelt es sich um ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden. Die vorliegende Erfindung ist aber auch bei einem Gelenk mit fünf Freiheitsgraden anwendbar, wie es aus der deutschen Patentanmeldung P 39 08 958.4 bekannt ist, wobei auf dieses Patent im vollen Umfange Bezug genommen wird. Zur Erläuterung dient die Darstellung in der beiliegenden Fig. 2. Bei diesem dargestellten Gelenk ist zwischen der Gelenkpfanne 2 und dem Gelenkkopf 1 ein Druckverteilungskörper 4, ein sogenannter Druckverteilungskörper 4, angeordnet. Der Gelenkkopf 1 besitzt ein Rotationszentrum  $M_1$  und die Gelenkpfanne 2 ein Rotationszentrum  $M_2$ . Die kreisförmige, konvexe Schnittkontur des Gelenkkopfes 1 besitzt den Radius  $R_1$  und die konkave, kreisförmige Schnittkontur der Gelenkpfanne 2 den Radius  $R_2$ . Der Druckverteilungskörper 4 hat eine Dicke  $D$  auf der Verlängerung der Verbindungslinie zwischen  $M_1$  und  $M_2$ . Der Druckverteilungskörper 4 besitzt Gleitflächen 5, 6, deren Radien denjenigen der anliegenden Flächen der Gelenkpfanne 2 und des Gelenkkopfes 1 entsprechen. Der Radius  $R$  der Gelenkachsenbahn der dimeren Gelenkkette mit zwei Gelenkachsen durch die beiden Rotationszentren  $M_1$  und  $M_2$  ist

$$R = R_2 - R_1 - D,$$

d. h.  $R$  hat einen positiven Betrag, so daß  $R_2 > R_1 + D$  ist.

Erfindungsgemäß besitzt die Gelenkpfanne 2 ein Loch 3, das entsprechend dem Loch 3 in Fig. 1 ausgebildet ist und entsprechend angeordnet sein kann. Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn auch im Druckverteilungskörper 4 ein Loch 7 ausgebildet ist. Durch diese Ausgestaltung der Gelenkpfanne 2 und des Druckverteilungskörpers 4 werden die Kontaktflächen zwischen dem Druckverteilungskörper 4 und dem Gelenkkopf auch vom Zentrum her geschmiert. Dadurch wird eine gleichförmige Ausbildung des Schmierfilms zwischen allen aufeinander gleitenden Flächen gewährleistet. Durch diese Ausgestaltung der Gelenkpfanne 2 und des Druckverteilungskörpers 4 werden auch linienförmige

Kraftübertragungsbereiche im Randbereich der Löcher zwischen den anliegenden Gelenkteilen erzeugt mit der bereits beschriebenen Reduzierung des Druckes am Ort der jeweiligen Kraftübertragung und der damit gewonnenen verringerten Materialbelastung.

In den folgenden Figuren sind gleiche Teile wie in Fig. 1 und 2 mit denselben Bezugsziffern versehen.

In Fig. 3 ist eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks gezeigt. Hierbei ist der Gelenkkopf 1 kugelförmig mit einer kreisförmigen Schnittkontur und dem Radius  $R_1$  in P ausgebildet. Die Gelenkpfanne 2 ist, mathematisch gesehen, ein Toroid. Seine Rotationsachse ist X-X. Die kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den zugehörigen Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  stellen mathematisch den das Toroid erzeugenden Kreis dar, der zur Erzeugung der Toroidfläche um die Rotationsachse X-X rotiert wird.  $R_{21}$  ist deshalb gleich  $R_{22}$ :

$$R_{21} = R_{22} = R_2.$$

$R_2$  ist also der Radius des das Toroid erzeugenden Kreises. Weiterhin gilt  $R_1 < R_2$ .  $R_T$  ist ein äußerer Torusradius. Er ist durch jenen Punkt der Toroidfläche definiert, der den größten Abstand von der Rotationsachse X-X besitzt. Die Kontaktlinie  $K_L$  ist ein Kreis. Der zugehörige Mittelpunkt liegt auf der Rotationsachse X-X des Toroids. Der Radius ist  $R_3$ .  $\beta$  ist ein Kegelwinkel zum Kontaktradius  $R_3$ . Die Gelenkpfanne kann im unteren Teil ein Loch enthalten, das den Eintritt von Flüssigkeit erlaubt, und somit die Schmierung des Gelenkes erhöhen hilft.

Dieses Gelenk der Fig. 3, das in Grundstellung gezeichnet ist, stellt in Funktion ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden dar. Der Gelenkkopf kann sich nur um den Drehpunkt P drehen, der in diesem Beispiel gleichzeitig der geometrische Mittelpunkt des Gelenkkopfes ist. Weiterhin gilt:

$$\begin{aligned} R_T &= R_2 - (R_2 - R_1) \cdot \sin(\beta/2); \\ R_3 &= R_1 \cdot \sin(\beta/2). \end{aligned}$$

Der Winkel  $\beta$  bestimmt Lage und Größe des Kontaktkreises  $K_L$ . Seine Größe hängt von den gewählten Materialien der Gelenkflächen ab. In der Regel ist ein Winkel  $\beta = 90^\circ$  besonders vorteilhaft.

Die Radiendifferenz  $\delta R = (R_2 - R_1)$ , zwischen dem toroiderzeugenden Radius  $R_2$  und dem Radius  $R_1$  der Gelenkkopfkugel ist in der Regel klein. Sie kann z. B. kleiner als 2% bis zu einigen Promille von  $R_2$  sein. In dieser Ausführungsform muß die Gelenkfläche der Gelenkpfanne nicht unbedingt ein Torus sein. Es kann auch im Schnittbild konkave Oberfläche eines anderen Körpers mit Rotationssymmetrie sein.

Auf der Kontaktlinie für die Radiendifferenz  $\delta R$  zwischen Kugelradius und Krümmungsradius der Schnittkontur sinngemäß die obigen Aussagen.

In Fig. 4 ist eine Variante zu der Gelenkausbildung gemäß Fig. 3 dargestellt. Auch hierbei ist wiederum der Gelenkkopf 1 kugelförmig mit einer kreisförmigen Schnittkontur um den Drehpunkt P ausgebildet, wobei die kreisförmige Schnittkontur den Radius  $R_1$  um P besitzt. Die Gelenkpfanne 2 stellt ein Toroid dar. Zu seiner Erzeugung wird um die Rotationsachse X-X der toroiderzeugende Kreis mit  $R_2$  rotiert. Im Schnittbild entstehen so zwei konvexe, kreisförmige Pfannenkonturen 9, 10 mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und dem Radius  $R_2$ . Die Kontaktlinie  $K_L$  ist ein Kreis. Der zugehörige

Mittelpunkt liegt auf der Rotationsachse X-X des Toroids. Der Radius ist  $R_3$ .  $\beta$  ist der Kegelwinkel zum Kontaktradius  $R_3$ .

Dieses Gelenk der Fig. 4, das in Grundstellung gezeichnet ist, stellt in Funktion ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden dar. Der Gelenkkopf kann sich nur um den Drehpunkt P drehen, der in diesem Beispiel gleichzeitig der geometrische Mittelpunkt des Gelenkkopfes ist. Verläuft der resultierende Kraftvektor außerhalb des Winkelbereichs von  $\beta$ , so verändert sich das Gelenk in ein Gelenk mit fünf Freiheitsgraden. Weiterhin gilt:

$$R_T = R_2 - (R_2 + R_1) \cdot \sin(\beta/2);$$

$$R_3 = R_1 \cdot \sin(\beta/2).$$

In Fig. 5 ist eine weitere Alternative eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks gezeigt. Bei dieser Ausführungsform ist der Gelenkkopf 1 toroidförmig ausgebildet, und die Gelenkpfanne 2 ist kugelförmig. Ihre konkave, kreisbogenförmige Schnittkontur hat den Mittelpunkt P und den Radius  $R_2$ . Der toroidförmige Gelenkkopf 1 besitzt im Schnittbild zwei kreisförmige, konvexe Konturen mit den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$ , die durch den toroiderzeugenden Kreis  $R_1$  gegeben sind.

$$R_1 = R_{11} = R_{12} \text{ (Mittelpunkte } M_{11}, M_{12}).$$

Hierbei ist  $R_2 > R_1$ .

Im übrigen sind die gleichen Radien und Winkel wie in den vorhergehenden Figuren eingezeichnet.

In der Gelenkpfanne 2 ist wiederum ein Loch 3 ausgebildet, und zwar in der zu Fig. 1 beschriebenen Art. Bei dieser Ausführungsform ist der linienförmige Kraftübertragungsbereich auf dem Gelenkkopf ausgebildet. Es gilt:

$$R_T = R_{11} + (R_2 - R_{11}) \cdot \sin(\beta/2);$$

$$R_3 = R_2 \cdot \sin(\beta/2).$$

Dieses Gelenk der Fig. 5, das in Grundstellung gezeichnet ist, stellt in Funktion ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden dar. Der Gelenkkopf kann sich nur um den Drehpunkt P drehen, der in diesem Beispiel gleichzeitig der geometrische Mittelpunkt der Gelenkpfanne 2 ist. Grundsätzlich gilt auch hier, daß statt eines Toroids auch ein anderer rotationssymmetrischer Körper als Gelenkkopf 1 Verwendung finden kann.

Die Radiendifferenz  $\delta R = (R_2 - R_1)$ , zwischen dem Radius  $R_2$  der kugelförmigen Gelenkpfanne und dem Radius  $R_1$  des toroidförmigen Gelenkkopfes ist in der Regel klein. Sie kann z. B. kleiner als 2% bis zu einigen Promille von  $R_2$  sein.

In dieser Ausführungsform muß die Gelenkfläche des Gelenkkopfes 1 nicht unbedingt ein Torus sein. Es kann auch die im Schnittbild konkave Oberfläche eines anderen Körpers mit Rotationssymmetrie sein. Auf der Kontaktlinie für die Radiendifferenz  $\delta R$  zwischen Kugelradius und Krümmungsradius der Schnittkontur sinngemäß die obigen Aussagen.

In den Fig. 6 und 7 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Gelenks, bestehend aus dem Gelenkkopf 1 und der Gelenkpfanne 2 dargestellt. Hierbei ist sowohl der Gelenkkopf 1 als auch die Gelenkpfanne 2 toroidförmig gestaltet. Dabei haben in Grundstellung (Fig. 6) beide Toroide dieselbe Rotationsachse X-X. Die Drehachse P dieses Gelenks ist nicht stationär, wie dies aus den Fig. 6 und 7 erkennbar ist, wobei Fig. 7 eine Beugstellung des Gelenkes zeigt. Der Gelenkkopf

1 zeigt im Schnittbild zwei konvexe, kreisförmige Konturen mit den Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  und den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$ . Sie entsprechen dem Kreis  $R_1 = R_{11} = R_{12}$ : das ist wiederum der Kreis, der das Toroid bei Rotation um die Toroidachse X-X erzeugt. Entsprechend zeigt die Schnittfigur der Gelenkpfanne zwei konkave, kreisförmige Konturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$ . Sie entsprechen dem toroiderzeugenden Kreis  $R_2 = R_{21} = R_{22}$ . Die Verbindungslinie der Mittelpunkte  $M_{22}$  und  $M_{12}$  schneidet die Verbindungslinie der Mittelpunkte  $M_{21}$  und  $M_{11}$  in der Drehachse P.

$L_2$  ist das Koppelglied zwischen  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und  $L_1$  ist das Koppelglied zwischen  $M_{11}$  und  $M_{12}$ .  $\delta R_2$  und  $\delta R_1$  sind die Pleuelglieder. Es gilt:

$$(L_2 - L_1) / (2 \cdot (R_2 - R_1)) = \sin(\beta/2).$$

$$R_{1T} = R_1 - L_1/2.$$

$$R_{2T} = R_2 - L_2/2.$$

$$\delta R_2 = \delta R_1 = \delta R.$$

Die Ausbildung dieses Gelenks hat die Vorteile, daß die linienförmigen Kontaktbereiche auf beiden Gelenkoberflächen wandern. Weiterhin wird eine Pumpwirkung für die Gelenkflüssigkeit erzeugt, und es besteht ein stabiles mechanisches Gleichgewicht in der Ruhestellung (Grundstellung) und eine Selbststabilisierung beim Einnehmen der einzelnen Beugstellungen.

In Fig. 8 ist eine weitere Alternative eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks dargestellt. Hierbei sind sowohl der Gelenkkopf 1 als auch die Gelenkpfanne 2 als toroidförmige Körper ausgebildet mit gemeinsamer Rotationsachse X-X in Grundstellung. Der Gelenkkopf 1 besitzt, im Querschnitt gesehen, zwei konvexe, kreisförmige Konturen mit den Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  und den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$ . Sie entsprechen dem Kreis  $R_1 = R_{11} = R_{12}$ : das ist wiederum der Kreis, der das Toroid bei Rotation um die Toroidachse X-X erzeugt. Die Gelenkpfanne 2 weist im Schnittbild zwei konkave, kreisförmige Konturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  auf. Sie entsprechen dem Kreis  $R_2 = R_{21} = R_{22}$ , mit dem die Toroidfläche erzeugt werden kann. Der Schnittpunkt P der Verbindungslinie  $M_{22}M_{12}$  mit der Verbindungslinie  $M_{21}M_{11}$  ist die Drehachse des Systems. Die Abstände  $M_{22}M_{12} = \delta R_2$  und  $M_{21}M_{11} = \delta R_1$  sind gleich groß. Sie sind die Pleuel. Der Vorteil dieser Gelenkvariante besteht darin, daß die linienförmigen Kraftübertragungsbereiche  $K_L$  auf beiden Gelenkoberflächen wandern und eine Pumpwirkung für die Gelenkflüssigkeit gegeben ist, die wiederum durch das in der Gelenkpfanne ausgebildete Loch 3, wie schon zu vorstehenden Figuren beschrieben, in das Gelenk eindringen kann. Diese Ausführungsform besitzt jedoch ein instabiles Gleichgewicht in Ruhelage. Es gilt:

$$(L_2 + L_1) / (2 \cdot (R_2 + R_1)) = \sin(\beta/2).$$

In Fig. 9 ist eine Variante zu Fig. 6 dargestellt, wobei der Gelenkkopf 1 wie der Gelenkkopf gemäß Fig. 6 ausgebildet ist. Die Gelenkpfanne besteht entsprechend der Ausbildungsform von Fig. 4 aus zwei konvexen Pfannenbereichen 9, 10 mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  ihrer kreisförmigen Schnittkonturen mit den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$ , die gleich groß sind und größer sind als die Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$ . Diese Ausbildung ermöglicht ein Wandern der linienförmigen Kontaktbereiche auf den Gelenkteilen, und es wird eine Pumpwirkung für die

Gelenkflüssigkeit erreicht. Hierbei weist das Gelenk ein stabiles Gleichgewicht in der Ruhelage auf. Es gelten hier ebenfalls die übrigen aus den obigen Figuren bekannten Größen. Es ist:

$$R_{21} = R_{22} = R_2; R_{11} = R_{12} = R_1 \\ (L_2 + L_1)/(2 \cdot (R_2 + R_1)) = \sin(\beta/2).$$

In Fig. 10 ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks dargestellt. Hierbei ist der Gelenkkopf 1 entsprechend der Ausbildung von Fig. 5. Die Ausbildung der Gelenkpfanne 2 entspricht derjenigen gemäß Fig. 7. Die Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  sind gleich und kleiner als die gleich großen Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$ . Bei dieser Ausbildung wird ein Wandern der linienförmigen Kontaktbereiche auf beiden Gelenkteilen bewirkt und eine Pumpwirkung für die Gelenkflüssigkeit erzielt. Hierbei ist jedoch ein instabiles Gleichgewicht in der Ruhestellung gegeben. Es gilt:

$$R_{21} = R_{22} = R_2; R_{11} = R_{12} = R_1 \\ (L_2 - L_1)/(2 \cdot (R_2 - R_1)) = \sin(\beta/2).$$

In Fig. 11 ist eine weitere Gelenkvariante eines erfindungsgemäßen künstlichen Gelenks gezeigt. Hierbei sind wiederum sowohl der Gelenkkopf 1 als auch die Gelenkpfanne 2 als toroidförmige Körper ausgebildet. Der Gelenkkopf 1 besteht aus einem Toroid wie er Gelenkkopf in Fig. 5. Die konkave Gelenkpfanne 2 stellt eine Toroidfläche vom gleichen Typ dar, wobei der erzeugende Radius größer ist. Die Gelenkpfanne kann wiederum ein Loch 3 aufweisen. Auch bei dieser Gelenkausbildung wandern die linienförmigen Kontaktbereiche auf beiden Gelenkteilen, und es ist eine Pumpwirkung für die Gelenkflüssigkeit gegeben. Es ist ein mechanisch stabiles Gleichgewicht in der Ruhestellung vorhanden. Es gilt:

$$R_2 = R_{21} = R_{22}; R_1 = R_{11} = R_{12} \\ (L_2 - L_1)/(2 \cdot (R_2 - R_1)) = \sin(\beta/2).$$

Alle Varianten der Fig. 1, 3–11 haben drei Bewegungsfreiheitsgrade. Über die Größenverhältnisse der kontaktierenden Radien gelten bei allen Ausführungsformen die Angaben, die zur Ausführungsform der Fig. 3 gemacht worden sind.

Grundsätzlich können alle Kugelgelenke durch Hintereinanderschaltung oder durch Einfügen einer zweiten Gelenkkugel zu einem Gelenk mit drei künstlichen Gelenkteilen erweitert werden. Damit wird ein Gelenk geschaffen, das fünf Freiheitsgrade besitzt. Hierbei ist immer dann mechanische Druckstabilität des Druckverteilkörpers gewährleistet, wenn der Drehpunkt  $P_{II}$  des Teilgelenks Gelenkpfanne-Druckverteilkörper "oberhalb" des Drehpunktes  $P_I$  des Teilgelenks Druckverteilkörper-Gelenkkopf liegt. Eine Kompressionskraft hält den Druckverteilkörper mechanisch stabil zwischen Gelenkkopf und Gelenkpfanne.

Fig. 12 und Fig. 13 zeigen zwei Ausführungsbeispiele einer solchen Hintereinanderschaltung.

In Fig. 12 ist eine Hintereinanderschaltung zweier Kugelgelenke mit "linienförmiger" Kraftübertragung bestehend aus den Typen: toroidförmige Gelenkpfanne – kugelförmiger Gelenkkopf (Fig. 3) und kugelförmige Gelenkpfanne – toroidförmiger Gelenkkopf (Fig. 5) dargestellt.

Es entstehen drei künstliche Gelenkteile: Gelenkpfanne 2, beweglicher Druckverteilkörper 4, Ge-

lenkkopf 1.

$P_{II}$  ist der Drehpunkt des Gelenkpfannen-kugelgelenks, gegeben durch die Gelenkflächen der Gelenkteile 2 und 4. Die Gelenkfläche der Gelenkpfanne 2 ist toroidförmig. Die mit ihr artikulierende Oberfläche des Druckverteilkörpers 4 ist kugelförmig und hat den Radius  $R_2$  (entspricht Fig. 3). Die mit dem Gelenkkopf 1 artikulierende Gelenkfläche des Druckverteilkörpers 4 ist kugelförmig. Ihr Mittelpunkt ist  $P_I$ , der zugehörige Radius ist  $R_1$ . Die Gelenkfläche des Gelenkkopfes 1 ist toroidförmig (entspricht Fig. 5).

Wesentlich für eine mechanisch stabile Konfiguration ist, daß  $P_I$ , von  $P_{II}$  aus gesehen, zum Gelenkteil 2 hin verschoben liegt,  $P_{II}$  also "oberhalb" von  $P_I$ . Dadurch ist es möglich, daß bei kompressivem Kraftschluß Gelenkteil 4 herausgedrückt wird.

Hält man Gelenkteil 2 fest, so kann Gelenkteil 4 um  $P_{II}$  rotieren. Gelenkteil 1 wird von dieser Rotation mitgenommen, kann dann aber noch zusätzlich um  $P_I$  rotieren.

Der Abstand  $R$  der Drehzentren  $P_{II}$  und  $P_I$  ist konstant und stellt das Kettenglied der dimeren Gelenkkette dar. Es gilt:

$$R = R_2 - R_1 - D.$$

$D$  ist der minimale Abstand der Kreise um  $P_{II}$  bzw.  $P_I$  mit den Radien  $R_2$  bzw.  $R_1$  und damit die minimale Dicke des Druckverteilkörpers.

Für die Radien der toroidförmigen Gelenkfläche des Gelenkkopfes 1 und der toroidförmigen Gelenkfläche der Gelenkpfanne 2 gelten sinngemäß die Formeln der Ausführungsformen entsprechend Fig. 5 bzw. Fig. 3. Auch für die Dimensionierung der Radienverhältnisse gilt das dort Angemerkte.

Besonderer Vorteil dieser Anordnung: Der Druckverteilkörper 4 hat nur kugelförmige Gelenkflächen. Dadurch bleiben die Kontakttringe  $K_{L2}$  und  $K_{L1}$  auf der Gelenkfläche der Gelenkpfanne 2 und auch auf der des Gelenkkopfes 1 ortsfest bei Bewegung des Druckverteilkörpers 4 und des Gelenkkopfes 1. Das hat zur Folge, daß die Kraftübertragung zwischen dem Druckverteilkörper 4 und Gelenkpfanne 2 nie auf ein zentrales Loch in der Gelenkpfanne treffen kann. Ein Loch 3 in der Gelenkfläche der Gelenkpfanne hat den Vorteil, daß Gelenkflüssigkeit auch von unten her in das Gelenk eindringen kann. Dadurch wird die Lubrikation erhöht. Das Loch kann auch für den Druckverteilkörper vorgesehen werden.

In Fig. 13 ist die Hintereinanderschaltung zweier Kugelgelenke mit "linienförmiger" Kraftübertragung vom Typ: kugelförmige Gelenkpfanne – toroidförmiger Gelenkkopf entsprechend Fig. 5 gezeigt.

Es entstehen drei künstliche Gelenkteile: Gelenkpfanne 2, Druckverteilkörper 4, Gelenkkopf 1.

$P_{II}$  ist der Drehpunkt des Gelenkpfannen-kugelgelenks, gegeben durch die Gelenkflächen der Gelenkteile 2 und 4. Die Gelenkfläche der Gelenkpfanne 2 ist kugelförmig und hat den Radius  $R_2$ . Die mit ihr artikulierende Oberfläche des Druckverteilkörpers 4 ist toroidförmig. Die mit dem Gelenkkopf 1 artikulierende Gelenkfläche des Druckverteilkörpers 4 ist kugelförmig. Ihr Mittelpunkt ist  $P_I$ , der zugehörige Radius ist  $R_1$ . Die Gelenkfläche des Gelenkkopfes 1 ist toroidförmig.

Wesentlich für eine mechanisch stabile Konfiguration ist, daß  $P_I$ , von  $P_{II}$  aus gesehen, zum Gelenkteil 2 hin verschoben liegt. Dadurch ist es unmöglich, daß bei kompressivem Kraftschluß Gelenkteil 4 herausgedrückt

wird.

Hält man Gelenkteil 2 fest, so kann Gelenkteil 4 um  $P_{II}$  rotieren. Gelenkteil 1 wird von dieser Rotation mitgenommen, kann dann aber noch zusätzlich um  $P_I$  rotieren.

Der Abstand  $R$  der Drehzentren  $P_{II}$  und  $P_I$  ist konstant und stellt das Kettenglied der dimeren Gelenkkette dar. Es gilt:

$$R = R_2 - R_1 - D.$$

$D$  ist der minimale Abstand der Kreise um  $P_{II}$  bzw.  $P_I$  mit den Radien  $R_2$  bzw.  $R_1$ .

Für die Radien der toroidförmigen Flächen des Gelenkkopfes 1 und des Druckverteilungskörpers 4 auf ihrer der Gelenkpfanne 2 zugewandten Gelenkfläche gelten sinngemäß die Formeln der Fig. 3.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung entsteht durch die Existenz der beiden artikulierenden Flächen mit einer linienförmigen oder bandförmigen Kontaktfläche, letztere kommt bei elastischem Verhalten der beiden Kontaktkörper zustande, ein Hohlraum, der durch die Kontaktlinie (-Band) abgegrenzt ist.

Dieser Hohlraum ist veränderlich bei elastischen Formänderungen unter Be-/Entlastungszyklen und/oder durch die entsprechende Formgebung (siehe Fig. 6 bis 11). Durch den veränderlichen Hohlraum kommt eine Saug-/Pumpwirkung für Flüssigkeiten zustande, die der Gelenkschmierung dienen.

Die Vielfalt der möglichen Kombination sei durch die Benennung zweier weiterer Anordnungen dokumentiert:

- a) Hintereinanderschaltung zweier Kugelgelenke mit "linienförmiger" Kraftübertragung vom Typ: toroidförmige Fossa — kugelförmiger Kondylus, entsprechend Fig. 3.
- b) Hintereinanderschaltung eines Kugelgelenks mit "linienförmiger" Kraftübertragung vom Typ: toroidförmige Fossa — kugelförmiger Kondylus (entsprechend Fig. 3) mit einem "normalen", konventionellen Kugelgelenk, wie es z. Zt. in der Endoprothetik Verwendung findet.

In Fig. 14 ist dargestellt, daß es zweckmäßig sein kann, das in der Gelenkpfanne 2 befindliche Loch 3 mittels eines Verschlusskörpers 12 zu verschließen, wobei der Verschlusskörper 12 in das Loch 3 z. B. einschraubbar ist. Dieser Verschlusskörper 12 dient dazu, die Gelenkpfanne 2 und das Loch 3 während des Einsetzens verschlossen zu halten, so daß kein Knochenzement in den Bereich des Loches 3 eindringen kann und nach dem Einsetzen und Aushärten des Knochenzements wird der Verschlusskörper 12 aus der Gelenkpfanne 3 herausgedreht, so daß er dann das Loch 3 freigibt. Der Verschlusskörper 12 kann zusätzlich als Positionierungshilfe beim Einsetzen der Gelenkpfanne dienen.

#### Patentansprüche

1. Künstliches Gelenk zum Ersatz insbesondere von menschlichen Gelenken, bestehend aus mindestens zwei Gelenkteilen mit zueinander sich bewegenden Funktionsflächen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gelenkteile (1, 2, 4) sphärisch und/oder toroidförmig und/oder rotationssymmetrisch und derart ausgestaltet sind, daß im eingesetzten Zu-

stand, d. h. in deren Funktionsstellung, ein Zutritt von Körperflüssigkeit im Zentrum des Gelenks erreicht wird.

2. Künstliches Gelenk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gelenkpfanne (2) ein Loch (3) ausgebildet ist, und vorzugsweise derart, daß das Zentrum des Loches (3) in der Hauptkraftwirkungslinie des künstlichen Gelenkes in der Grundstellung liegt.

3. Künstliches Gelenk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenkteile aus einem Gelenkkopf (1) und einer Gelenkpfanne (2) und dem Gelenkkopf (1) gleitend angeordneten Druckverteilungskörper (4) und im Druckverteilungskörper vorzugsweise ein Loch (7) vorhanden ist, dessen Zentrum insbesondere in der Hauptkraftwirkungslinie des Gelenks in der Grundstellung liegt.

4. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Loches (3) in der Gelenkpfanne (2) ein 1/6 bis 5/6 der Gelenkpfannenfläche bis zu deren Äquator beträgt.

5. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Gelenkpfanne (2) befindliche Loch (3) mit einem Verschlusskörper (12) insbesondere schraubmäßig verschließbar ist.

6. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Funktionsflächen der Gelenkteile (1, 2, 4) im eingesetzten Zustand, d. h. in deren Funktionsstellung, einen linienförmigen Kraftübertragungsbereich  $K_L$  zwischen den Gelenkteilen (1, 2, 4) aufweisen.

7. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) ein Rotationszentrum  $M_1$  und die Gelenkpfanne (2) ein Rotationszentrum  $M_2$  besitzen, wobei die kreisförmige, konvexe Schnittkontur des Gelenkkopfes (1) den Radius  $R_1$  und die konkave, kreisförmige Schnittkontur der Gelenkpfanne (2) den Radius  $R_2$  besitzt und der Druckverteilungskörper (4) eine Dicke  $D$  auf der Verlängerung der Verbindungslinie zwischen  $M_1$  und  $M_2$  besitzt und der Radius  $R$  der Gelenkachsenbahn der dimeren Gelenkkette mit zwei Gelenkachsen durch die beiden Rotationszentren  $M_1$  und  $M_2$  sich ergibt aus  $R = R_2 - R_1 - D$ , wobei  $R_2 > R_1 + D$  ist.

8. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gelenkpfanne (2) ein Loch (3) ausgebildet ist, und zwar derart, daß das Zentrum des Loches (3) in der Hauptkraftwirkungslinie des künstlichen Gelenks in der Gelenkgrundstellung liegt, wobei der Lochrand den linienförmigen Kraftübertragungsbereich bildet.

9. Künstliches Gelenk nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Druckverteilungskörper (4) ein Loch (7) ausgebildet ist, so daß zwischen dem Druckverteilungskörper (4) und den anliegenden Gelenkteilen (1, 2) am Lochrand ein linienförmiger Kraftübertragungsbereich erzeugt wird, wobei das Loch (7) zweckmäßigerweise im Durchmesser größer ist als das Loch (3) in der Gelenkpfanne (2).

10. Künstliches Gelenk nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Loches (3) ein

1/6 bis 5/6 der Gelenkpfannenfläche bis zu deren Äquator beträgt.

11. Künstliches Gelenk nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Artikulation zwischen dem Gelenkkopf (1) und dem Druckverteilkörper (4) ein Rotationszentrum  $P_I$  und für die Artikulation zwischen dem Druckverteilkörper (4) und der Gelenkpfanne (2) ein Rotationszentrum  $P_{II}$  vorhanden ist, wobei die erste Artikulation einen Radius  $R_1$  (Radius der sphärischen Fläche des entsprechenden Gelenkflächenpaares) und die zweite Artikulation einen Radius  $R_2$  (Radius der sphärischen Fläche des entsprechenden Gelenkflächenpaares), deren minimaler Abstand  $D$  ist, und wobei der Radius  $R$  der Gelenkachsenbahn der dimeren Gelenkkette mit den Gelenkachsen durch die beiden Rotationszentren  $P_I$  und  $P_{II}$  sich ergibt aus  $R = R_2 - R_1 - D$ , wobei  $R_2 > R_1 + D$  (Fig. 12, 13).

12. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) kugelförmig mit einer kreisförmigen Schnittkontur und dem Radius  $R_1$  um den Drehpunkt  $P$  des Gelenks ausgebildet ist und die Gelenkpfanne (2) eine toroidförmige Form aus zwei sich schneidenden, kreisförmigen, konkaven Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den zugehörigen Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  besitzt, wobei  $R_{21} = R_{22}$  ist und  $R_1 < R_{21}$  ist.

13. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) kugelförmig mit einer kreisförmigen Schnittkontur um den Drehpunkt  $P$  ausgebildet ist, und den Radius  $R_1$  aufweist, sowie daß die Gelenkpfanne (2) als Teil eines Torus ausgebildet ist, der im Schnittbild den Radius  $R_T$  aufweist sowie die Gelenkpfanne (2) aus zwei konvexen Pfannenflächen (9, 10) mit kreisförmigen Schnittkonturen um die zugehörigen Mittelpunkte  $M_{21}$  und  $M_{22}$  gebildet ist, wobei die Mittelpunkte  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und der Drehpunkt  $P$  jeweils in den Ecken eines gleichschenkligen Dreiecks liegen und die Grundlinie des Dreiecks durch die Verbindungslinie von  $M_{21}$  und  $M_{22}$  gebildet ist, wobei der Radius  $R_2$  der kreisförmigen Schnittkontur der Gelenkpfannenfläche (9, 10) ist und  $R_1 < R_2$  ist.

14. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) toroidförmig ausgebildet ist und die Gelenkpfanne (2) eine konkave, kreisbogenförmige Schnittkontur um den Drehpunkt  $P$  mit dem Radius  $R_2$  aufweist, wobei der Gelenkkopf (1) zwei kreisförmige, im Schnitt konvexe Schnittkonturen mit den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  um die Mittelpunkte  $M_{11}$  und  $M_{12}$  besitzt, wobei  $R_2 > R_{11} = R_{12}$  ist.

15. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) und die Gelenkpfanne (2) toroidförmig ausgestaltet sind, wobei die Drehachse  $P$  nicht stationär ist und der Gelenkkopf (1) aus zwei konvexen, kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  sowie den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  gebildet ist, wobei  $R_{11} = R_{12}$  ist und die Gelenkpfanne (2) aus zwei konkaven, kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  gebildet ist, wobei  $R_{21} = R_{22}$  ist sowie die Verbindungslinie von  $M_{11}$  und  $M_{21}$  und die Verbindungslinie von  $M_{12}$  und  $M_{22}$  sich im Drehpunkt  $P$  schneiden und die Kontaktli-

nie  $K_L$  treffen.

16. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) und die Gelenkpfanne (2) als toroidförmige Körper ausgebildet sind, wobei der Gelenkkopf (1) im Querschnitt gesehen aus zwei kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  und den zugehörigen Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  gebildet ist und die Gelenkpfanne (2) aus zwei konkaven, kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  besteht und die Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  aufweist, wobei diese gleich groß sind und größer sind als die Radien  $R_{12}$  und  $R_{11}$ , die wiederum gleich groß sind und die Verbindungslinie von  $M_{11}$  und  $M_{21}$  und die Verbindungslinie von  $M_{12}$  und  $M_{22}$  sich im Drehpunkt  $P$  schneiden und die Kontaktlinie  $K_L$  treffen.

17. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) und die Gelenkpfanne (2) als toroidförmige Körper ausgebildet sind, wobei der Gelenkkopf (1) aus zwei konvexen, kreisförmigen Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  sowie den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  gebildet ist, wobei  $R_{11} = R_{12}$  ist und die Gelenkpfanne (2) aus zwei konvexen Pfannenbereichen (9, 10) mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  ihrer kreisförmigen Schnittkonturen und den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  gebildet ist, wobei  $R_{21}$  und  $R_{22}$  gleich groß und größer sind als die Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$ .

18. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) und die Gelenkpfanne (2) als toroidförmige Körper ausgebildet sind, wobei der Gelenkkopf (1) zwei kreisförmige, im Schnitt konvexe Schnittkonturen mit den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  um die Mittelpunkte  $M_{11}$  und  $M_{12}$  besitzt und die Gelenkpfanne (2) aus zwei konvexen Pfannenbereichen (9, 10) mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  mit den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  gebildet ist, die gleich groß sind, wobei die Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  gleich groß und kleiner als die gleich großen Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  sind.

19. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkkopf (1) und die Gelenkpfanne (2) als toroidförmige Körper ausgebildet sind, wobei der Gelenkkopf (1) aus einer Schnittkontur mit den beiden Mittelpunkten  $M_{11}$  und  $M_{12}$  und den Radien  $R_{11}$  und  $R_{12}$  besteht, wobei  $R_{11}$  und  $R_{12}$  gleich groß sind sowie die Gelenkpfanne (2) zwei kreisförmige Schnittkonturen mit den Mittelpunkten  $M_{21}$  und  $M_{22}$  und den Radien  $R_{21}$  und  $R_{22}$  besitzt, die gleich groß sind, sowie sich die Verbindungslinie  $M_{11}$ ,  $M_{21}$  mit der Verbindungslinie  $M_{12}$ ,  $M_{22}$  im Drehpunkt  $P$  schneiden und diese Verbindungslinien auf den Kontaktflächen die Berührungslinie  $K_L$  treffen.

20. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Gelenkpfanne (2) als auch der Gelenkkopf (1) toroidförmig gestaltet sind, und daß der Druckverteilkörper (4) zwei sphärische Gleitflächen (5, 6) aufweist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

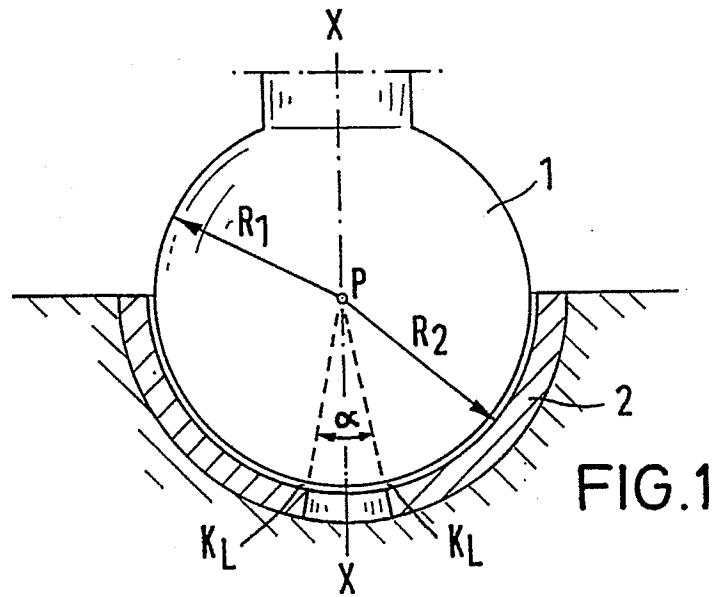


FIG. 1

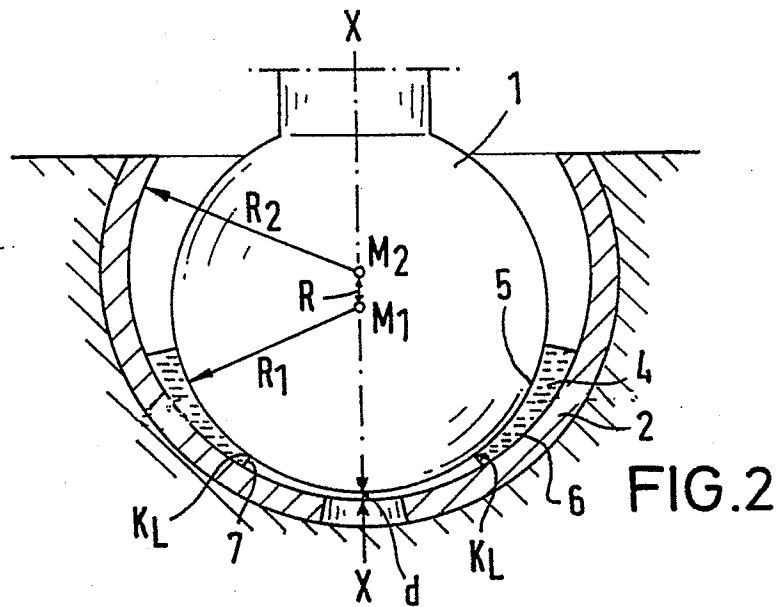


FIG. 2

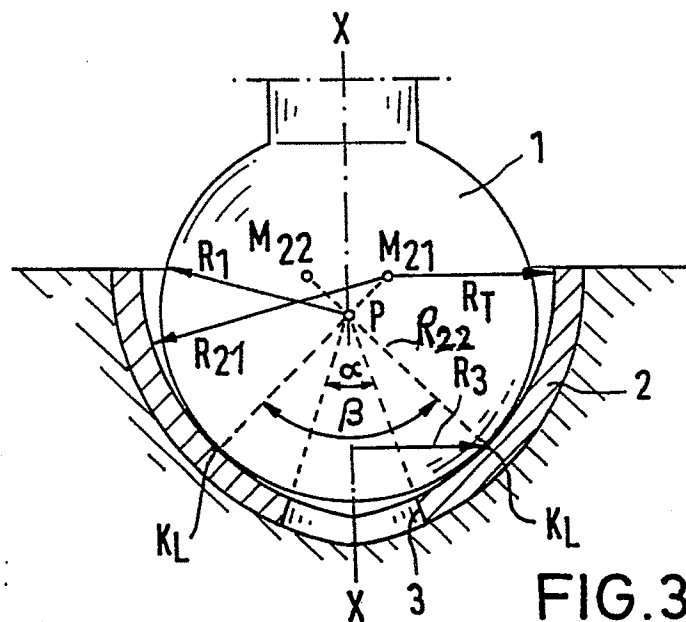


FIG. 3



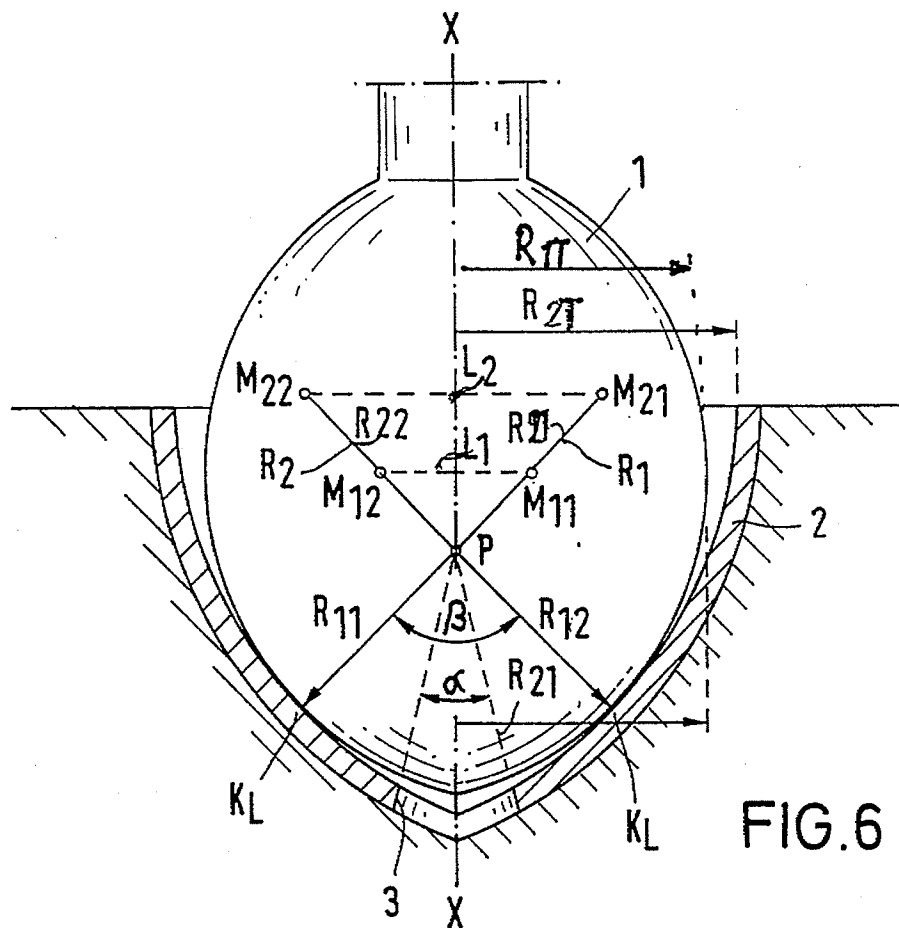


FIG. 6

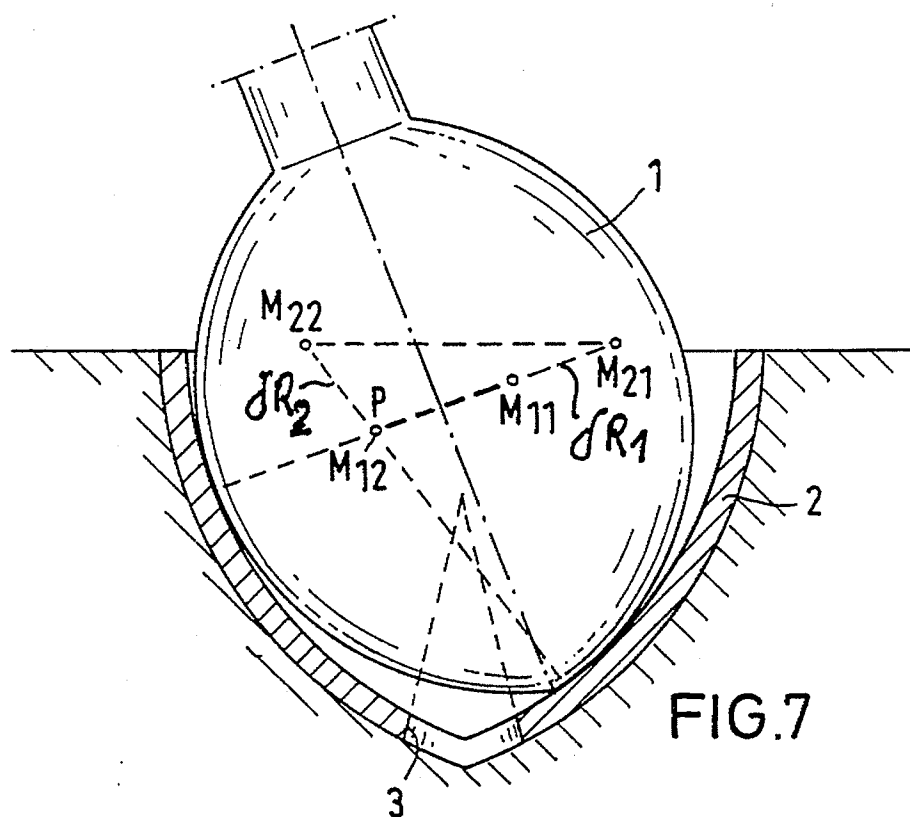


FIG. 7

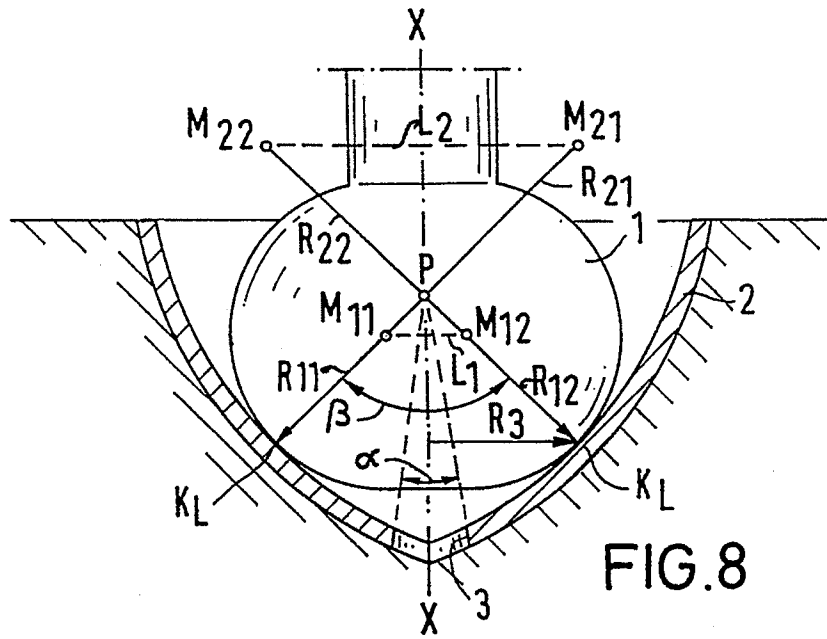


FIG. 8

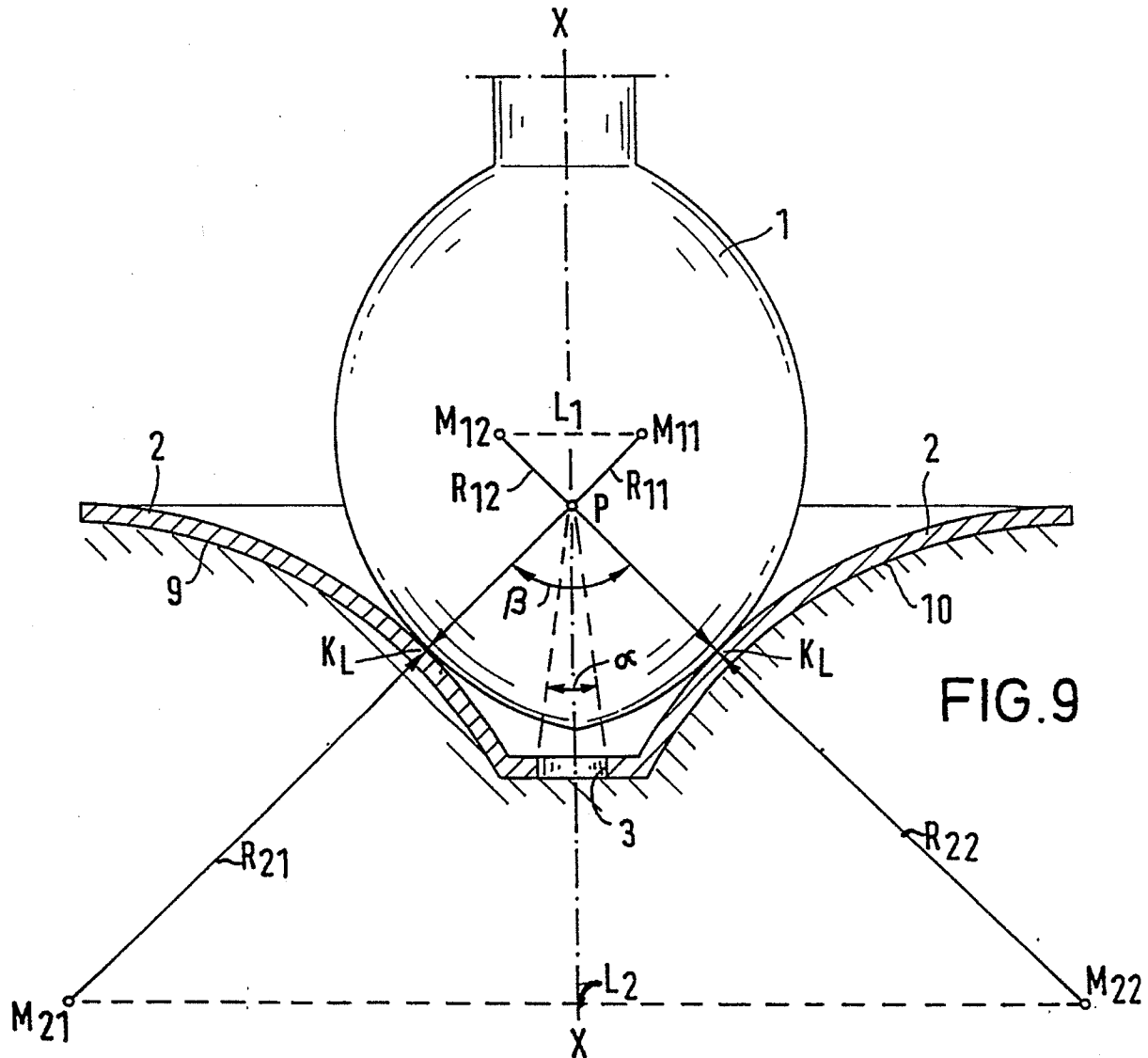
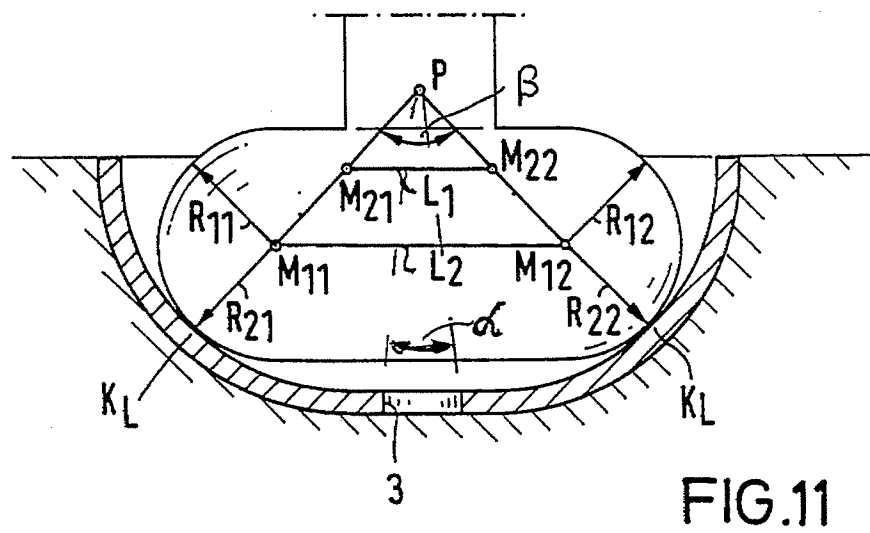
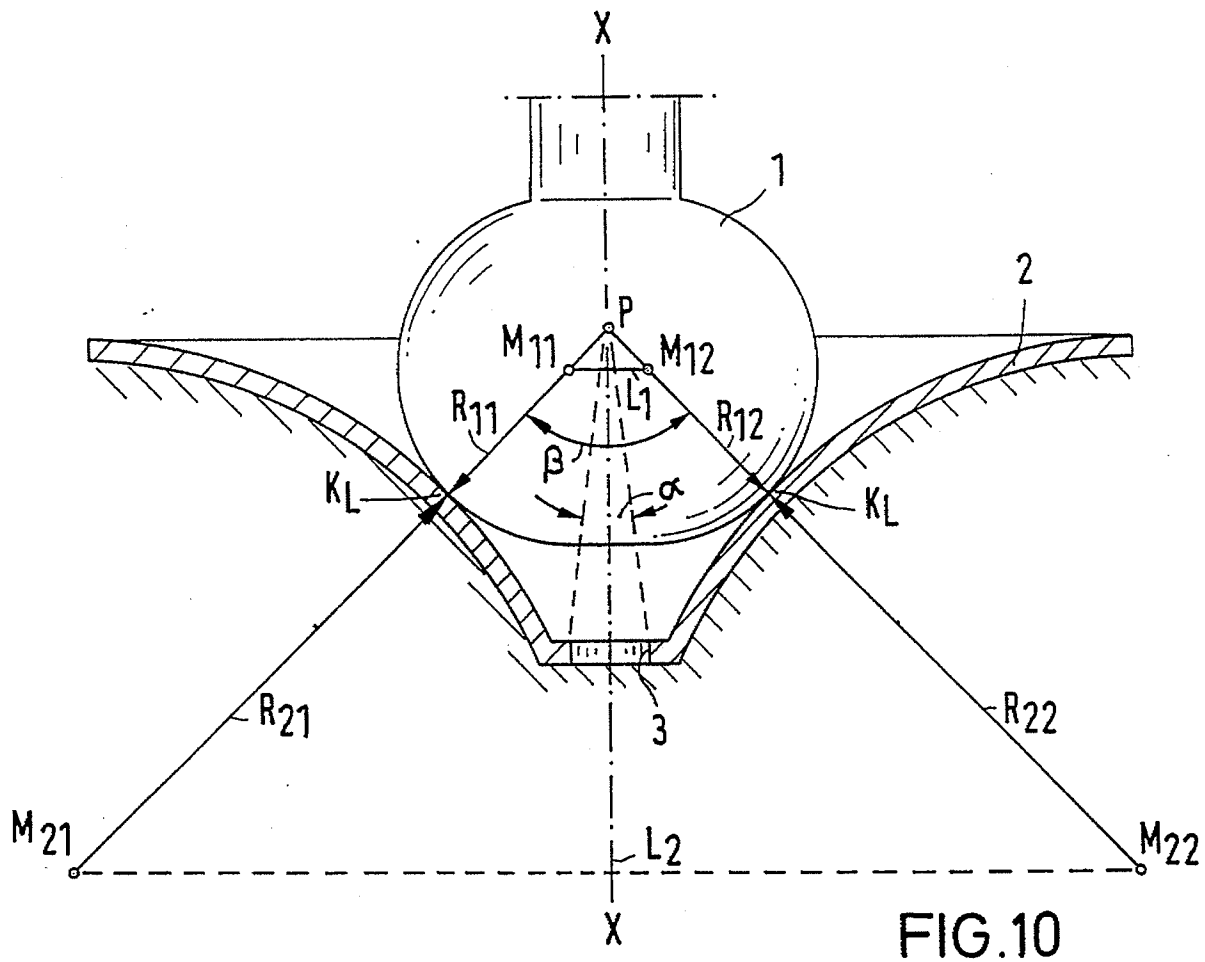
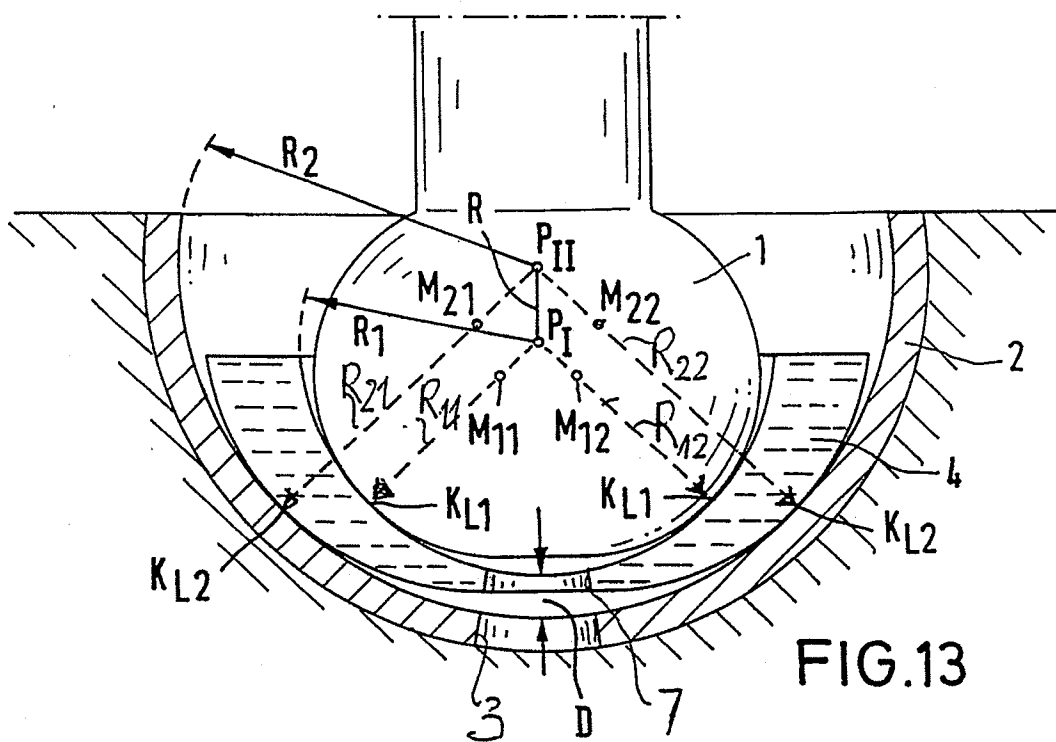
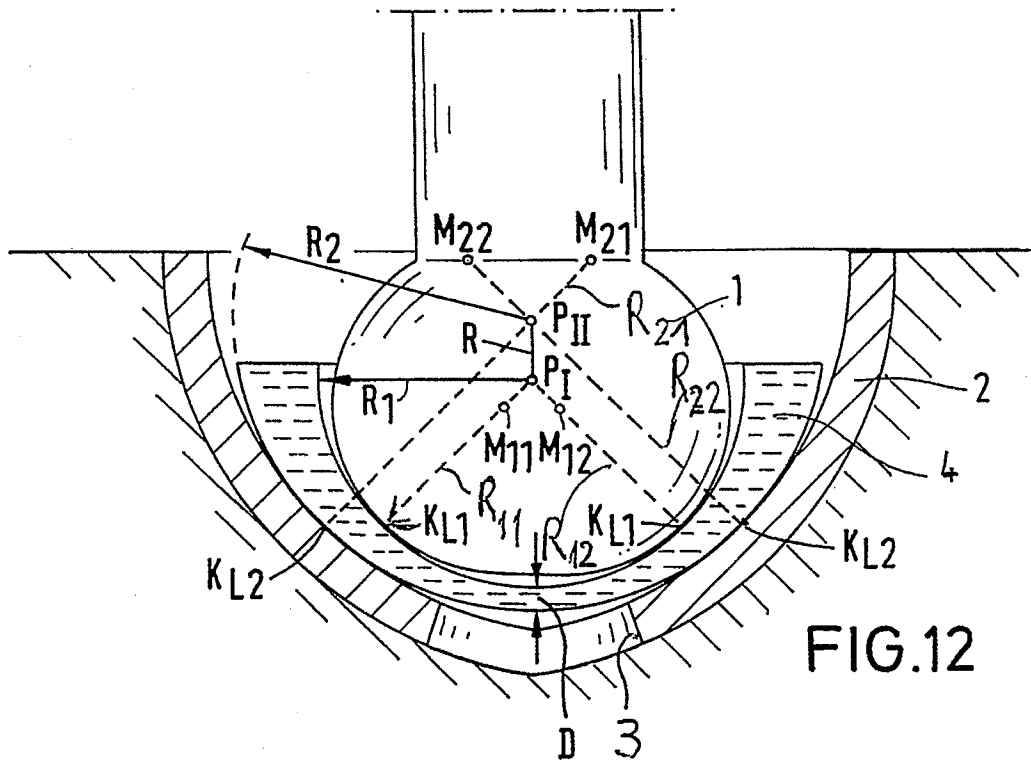
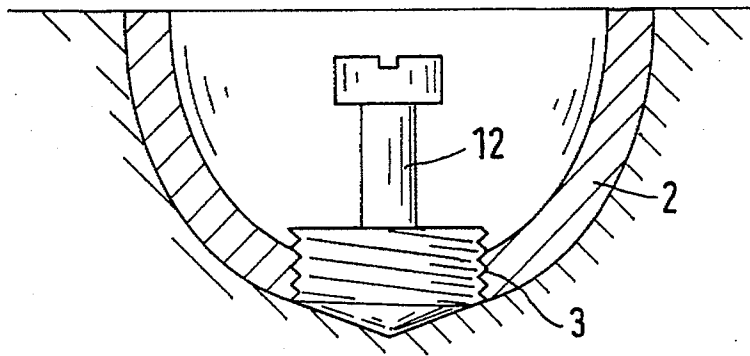


FIG. 9







**FIG.14**